



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 199 32 290 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/00
F 01 N 9/00

②① Aktenzeichen: 199 32 290.2
②② Anmeldetag: 10. 7. 1999
④③ Offenlegungstag: 11. 1. 2001

DE 199 32 290 A 1

⑦① Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦② Erfinder:
Lang, Axel, 38302 Wolfenbüttel, DE; Pott, Ekkehard,
38518 Gifhorn, DE; Hahn, Hermann, 38165 Lehre,
DE; Spiegel, Leo, Dr., 38446 Wolfsburg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

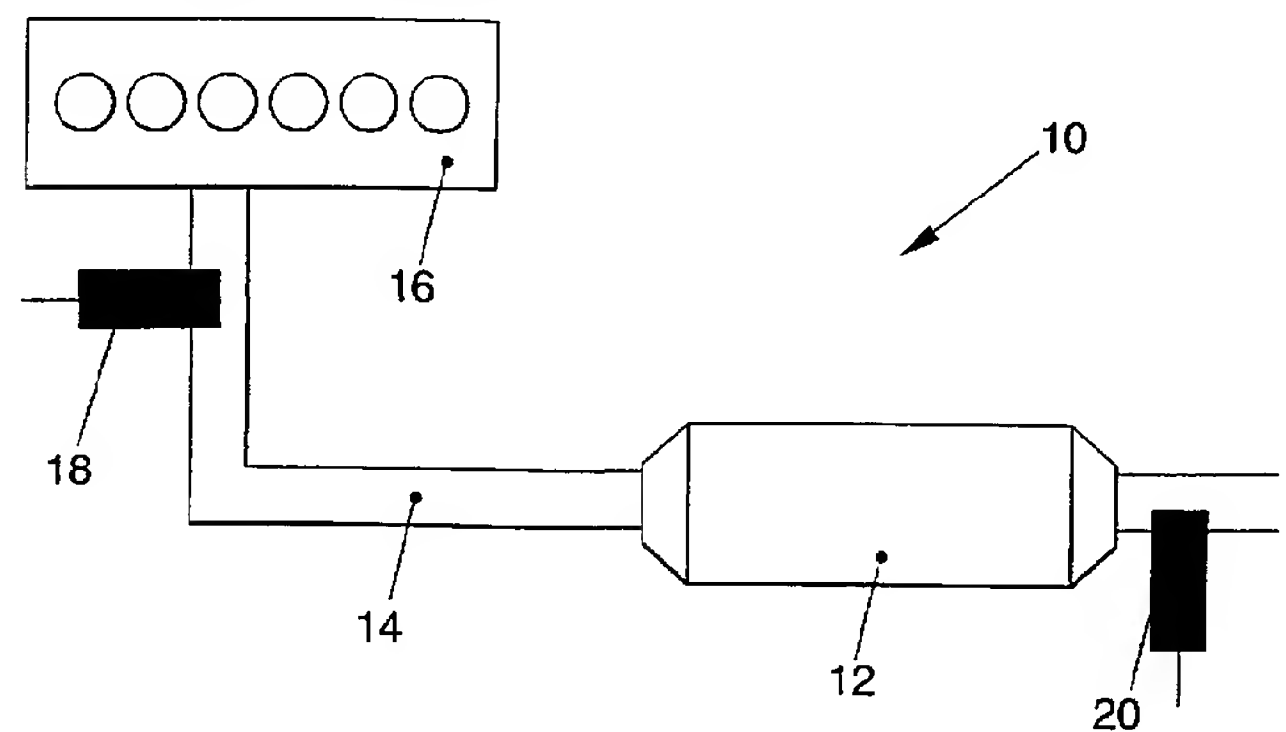
DE 197 47 222 C1
DE 198 46 217 A1
DE 197 46 855 A1
DE 197 31 624 A1
DE 196 36 790 A1

JP 10252523 A, In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Regelung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Verbrennungskraftmaschine Mittel zugeordnet sind, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine die Regelung des Arbeitsmodus erlauben und wobei die Regelung des Arbeitsmodus in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur wenigstens eines, in einem Abgaskanal der Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_x-Speicherkatalysators erfolgt. Es ist vorgesehen, daß
(a) beim Überschreiten der Katalysatortemperatur über eine vorgebbare erste Grenztemperatur (G1) ein Arbeitsmodus mit <6 1 eingestellt wird;
(b) eine zweite Grenztemperatur (G2) vorgegeben wird, die oberhalb der ersten Grenztemperatur (G1) liegt, und
(c) nach einem erstmaligen Überschreiten der Katalysatortemperatur über die zweite Grenztemperatur (G2) und einem anschließenden Absinken der Katalysatortemperatur unter die zweite Grenztemperatur (G2) ein Arbeitsmodus mit <> 1 (Magerbetrieb) eingestellt wird.



DE 199 32 290 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Es ist bekannt, einer Verbrennungskraftmaschine Mittel zuzuordnen, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine die Regelung des Arbeitsmodus erlauben. Ferner ist bekannt, in einem Abgaskanal der Verbrennungskraftmaschine einen NO_x -Speicher-katalysator zur Reinigung eines Abgases anzuordnen. Ein solcher NO_x -Speicher-katalysator absorbiert in einem Arbeitsmodus mit $\lambda > 1$ NO_x , und zwar so lange, bis eine NO_x -Desorptionstemperatur oder eine NO_x -Speicherkapazität erreicht ist. In einem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ wird das NO_x wieder desorbiert und an einer Katalysatorkomponente des NO_x -Speicher-katalysators mit den während eines Verbrennungsvorgangs entstehenden Reduktionsmitteln CO , HC oder H_2 umgesetzt (stöchiometrischer oder fetter Betrieb). Zur Minderung einer NO_x -Emission muß die Verbrennungskraftmaschine daher zumindest temporär in den stöchiometrischen oder fetten Betrieb geschaltet werden.

Im Zuge fortschreitender Optimierungsbemühungen hinsichtlich eines Kraftstoffverbrauchs der Verbrennungskraftmaschine hat sich als vorteilhaft erwiesen, den Magerbetrieb möglichst lange aufrechtzuerhalten. Gemäß den bisherigen Verfahren wird eine Regeneration – also ein Wechsel in den Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ – in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur und/oder einer NO_x -Speicherfähigkeit initiiert. Wird beispielsweise eine vorgebbare Grenztemperatur des NO_x -Speicher-katalysators überschritten, so wird bei den herkömmlichen Verfahren so lange der stöchiometrische oder fette Betrieb aufrechterhalten, bis diese Grenztemperatur wieder unterschritten wird. Dies kann jedoch aus zweierlei Gründen nachteilig sein. Einerseits ist im allgemeinen eine Abgastemperatur im stöchiometrischen oder fetten Betrieb höher als im Magerbetrieb und somit verzögert sich ein Auskühlen des NO_x -Speicher-katalysators. Andererseits wird die Grenztemperatur mit einem relativ großen Sicherheitsabstand zur tatsächlichen NO_x -Desorptionstemperatur gewählt, um in einem dynamischen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine hinreichend niedrige NO_x -Emissionen stromab des NO_x -Speicher-katalysators zu gewähren. Häufig liegen jedoch Randbedingungen vor, die es auch nach dem Überschreiten der Grenztemperatur erlauben, die Verbrennungskraftmaschine im Magerbetrieb zu betreiben. Insgesamt kommt es damit zu einem unnötigen Mehrverbrauch an Kraftstoff.

Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, eine Aufrechterhaltung des stöchiometrischen oder fetten Betriebes der Verbrennungskraftmaschine stärker an einen tatsächlichen Katalysatorzustand anzupassen. Damit einhergehend soll der stöchiometrische oder fette Betrieb nach Möglichkeit verkürzt und ein Kraftstoffverbrauch gesenkt werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das Verfahren zur Regelung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst.

Dadurch, daß

- (a) beim Überschreiten der Katalysatortemperatur über eine vorgebbare erste Grenztemperatur ein Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ eingestellt wird und
- (b) eine zweite Grenztemperatur vorgegeben wird, die oberhalb der ersten Grenztemperatur liegt, und
- (c) nach einem erstmaligen Überschreiten der Kataly-

satortemperatur über die zweite Grenztemperatur (G2) und einem anschließenden Absinken der Katalysatortemperatur unter die zweite Grenztemperatur (G2) ein Arbeitsmodus mit $\lambda > 1$ (Magerbetrieb) eingestellt wird,

kann wesentlich flexibler auf den tatsächlichen Katalysatorzustand reagiert werden. Nach dem Überschreiten der ersten Grenztemperatur wird zwar die Verbrennungskraftmaschine auf den stöchiometrischen oder fetten Betrieb eingestellt, jedoch kann der Wechsel zurück in den Magerbetrieb unabhängig von dieser ersten Grenztemperatur stattfinden. Erlauben die Randbedingungen des Betriebs der Verbrennungskraftmaschine den Magerbetrieb, so kann der Wechsel auch bei einer Katalysatortemperatur oberhalb der ersten Grenztemperatur stattfinden. Zur Vermeidung eines permanenten Umschaltens zwischen Magerbetrieb und stöchiometrischem oder fettem Betrieb wird der Wechsel jedoch abhängig davon gemacht, daß zunächst die zweite Grenztemperatur überschritten werden muß. Dabei wird die zweite Grenztemperatur derart gewählt, daß oberhalb dieser Temperatur ein Magerbetrieb definitiv nicht sinnvoll ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Wechsel in den Magerbetrieb und dessen Aufrechterhaltung in Abhängigkeit von wenigstens einem der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine gesteuert. So kann beispielsweise eine Motordrehzahl, eine angeforderte Last, eine Raumgeschwindigkeit des Abgases, eine Fahrzeuggeschwindigkeit oder ein Gehalt wenigstens einer Gaskomponente am Abgas berücksichtigt werden. Auf diese Weise können die sich laufend ändernden Betriebsparameter bei einem dynamischen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine in die Wahl des Arbeitsmodus mit einfließen. So mag es wenig sinnvoll sein, in den Magermodus zu wechseln oder diesen aufrechtzuerhalten, wenn abzusehen ist, daß beispielsweise infolge eines Beschleunigungsvorgangs eine Abgastemperatur und damit die Katalysatortemperatur kurze Zeit später wieder die zweite Grenztemperatur überschreiten wird.

In bevorzugter Weise wird unmittelbar nach dem Wechsel in Magerbetrieb die NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators überwacht. Überschreitet die NO_x -Emission einen vorgebbaren Schwellenwert, so kann zum einen direkt wieder ein Wechsel in den stöchiometrischen oder fetten Betrieb erfolgen und zum anderen kann – sofern es die Randbedingungen des Betriebs der Verbrennungskraftmaschine erlauben – eine NO_x -Minderungsmaßnahme, wie beispielsweise ein low- NO_x -Magerbetrieb, eingestellt werden. In einem solchen low- NO_x -Magerbetrieb ist ein Gehalt des NO_x am Abgas herabgesetzt.

In gleicher Weise kann eine Dauer einer Zeitspanne für ein Erreichen einer vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators mit einer Dauer einer Sollzeitspanne für das Erreichen der vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission verglichen werden. Unterschreitet die gemessene Zeitspanne die Sollzeitspanne, so wird wieder der stöchiometrische oder fette Betrieb aufgenommen. Insgesamt können somit ausgeprägte und übergroße NO_x -Emissionen stromab des NO_x -Speicher-katalysators in dem Magerbetrieb verhindert werden.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anordnung eines NO_x -Speicher-katalysators in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine;

Fig. 2 einen Verlauf einer Katalysatortemperatur und

Fig. 3 und 4 zwei Flußdiagramme zweier Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung eines Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine.

In der **Fig. 1** ist in schematischer Weise eine Anordnung **10** eines NO_x -Speicher-katalysators **12** in einem Abgaskanal **14** einer Verbrennungskraftmaschine **16** dargestellt. Ferner sind in dem Abgaskanal **14** Sensoren **18**, **20** angeordnet, die es erlauben, einen Gehalt einer Gaskomponente am Abgas zu bestimmen (Gassensoren) oder zur Erfassung einer Temperatur dienen (Temperatursensoren). Anzahl, Lage und Typ solcher Sensoren **18**, **20** sind in einem hohen Maße variabel. Eine Erfassung und Auswertung der Signale derartiger Sensoren **18**, **20** ist bekannt und soll im Rahmen dieser Beschreibung nicht näher erläutert werden. Daneben ist es in bekannter Weise möglich, mit Hilfe von geeigneten Modellen den Gehalt der Gaskomponenten oder die Temperatur in ausgewählten Bereichen der Anordnung **10** zu berechnen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung von der Verbrennungskraftmaschine zugeordneten Mitteln verzichtet, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine eine Regelung eines Arbeitsmodus erlauben. Derartige Mittel zur Beeinflussung der Betriebsparameter sind hinlänglich bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Ebenso ist es bekannt, eine Katalysatortemperatur beispielsweise mittels des Sensors **20** zu erfassen und die Regelung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine in Abhängigkeit von dieser Katalysatortemperatur durchzuführen.

Liegt während eines Verbrennungsvorganges in der Verbrennungskraftmaschine **16** Sauerstoff in einem Überschuß gegenüber einem Kraftstoff vor, so befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in einem Arbeitsmodus mit $\lambda > 1$ (Magerbetrieb). Während des Magerbetriebs wird das während des Verbrennungsvorganges entstehende NO_x in dem NO_x -Speicher-katalysator **12** absorbiert, und zwar so lange, bis entweder eine NO_x -Desorptionstemperatur oder eine NO_x -Speicherkapazität überschritten ist.

Unter stöchiometrischen Bedingungen oder bei einem Überschuß des Kraftstoffs gegenüber dem Sauerstoff ($\lambda \leq 1$) entstehen im allgemeinen in einem vermehrten Maße Reduktionsmittel wie CO, HC oder H_2 . Im stöchiometrischen oder fetten Betrieb wird das absorbierte NO_x wieder ausgelagert und mit Hilfe der Reduktionsmittel im NO_x -Speicher-katalysator **12** umgesetzt.

Wie bereits erwähnt, ist eine NO_x -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicher-katalysators **12** temperaturabhängig. Zur Vermeidung einer NO_x -Emission wird daher die Verbrennungskraftmaschine **16** in dem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem Überschreiten einer vorgebbaren ersten Grenztemperatur $G1$ in den Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ eingestellt. Ein Verlauf der Temperatur während einer solchen Regelung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine **16** ist in **Fig. 2** exemplarisch dargestellt. Am Ende einer mageren Phase t_{m1} erreicht – wie dargestellt – die Katalysatortemperatur die erste Grenztemperatur $G1$ und nachfolgend wird in einer stöchiometrischen oder fetten Phase t_{f1} der Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ sichergestellt.

Am Ende der stöchiometrischen oder fetten Phase t_{f1} überschreitet die Katalysatortemperatur eine vorgebbare zweite Grenztemperatur $G2$. Von diesem Moment an kann wieder ein Wechsel in den Magerbetrieb stattfinden, ist jedoch aufgrund der hohen Katalysatortemperatur wenig sinnvoll, und deshalb wird in einer stöchiometrischen oder fetten Phase t_{f2} weiterhin der stöchiometrische oder fette Betrieb aufrechterhalten. Da dadurch ein Wechsel des Arbeitsmodus erst nach Überschreiten des zweiten Grenzwertes $G2$ mög-

lich ist, kann ein permanentes Umschalten zwischen Mager- und stöchiometrischem oder fettem Betrieb unmittelbar nach dem Überschreiten des ersten Grenzwertes $G1$ vermieden werden.

Unterschreitet die Katalysatortemperatur nachfolgend wieder die zweite Grenztemperatur $G2$, so kann bereits in einer Phase t_{m2} ein Wechsel in den Magerbetrieb erfolgen. Da im allgemeinen eine Abgastemperatur in dem Magerbetrieb niedriger ist als im stöchiometrischen oder fetten Betrieb, kann der NO_x -Speicher-katalysator **12** schneller abkühlen.

Der Wechsel des Arbeitsmodus kann zudem abhängig gemacht werden von wenigstens einem der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine **16**. So ist es sinnvoll, eine Motordrehzahl, eine angeforderte Last, eine Raumgeschwindigkeit des Abgases, einen Gehalt wenigstens einer Gaskomponente am Abgas (Rohemission) oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit zu berücksichtigen. Ferner ist es sinnvoll, die NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators **12** zu überwachen und anhand vorgebbarer Schwellenwerte für die NO_x -Emission eine Aufrechterhaltung des Magerbetriebs festzulegen. Dazu kann beispielsweise auch eine Dauer einer Zeitspanne für ein Erreichen einer vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators **12** mit einer Dauer einer Sollzeitspanne für das Erreichen der vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission verglichen werden und beim Unterschreiten der Dauer der Zeitspanne gegenüber der Dauer der Sollzeitspanne wieder ein Wechsel in den stöchiometrischen oder fetten Modus initiiert werden.

Eine derartige Regelung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine nach dem Überschreiten der ersten Grenztemperatur $G1$ zeigt ein Flußdiagramm in der **Fig. 3**. In einem ersten Schritt $S1$ wird ermittelt, ob die Katalysatortemperatur zwischen der ersten Grenztemperatur $G1$ und der zweiten Grenztemperatur $G2$ liegt. Übersteigt die Katalysatortemperatur die zweite Grenztemperatur $G2$, so wird mit einem Schritt $S2$ die Abfrage abgebrochen und gegebenenfalls neu initiiert.

Liegt die Katalysatortemperatur in einem geeigneten Bereich, so wird in einem Schritt $S3$ ermittelt, ob die Katalysatortemperatur bereits wenigstens einmal die zweite Grenztemperatur $G2$ überschritten hat. Kann auch dies bejaht werden, so kann in einem Schritt $S4$ eine Evaluierung ausgewählter Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine **16** erfolgen. So kann beispielsweise eine Schwelle für die Fahrzeuggeschwindigkeit oder die Raumgeschwindigkeit des Abgases gesetzt werden, ab der ein Wechsel in den Magerbetrieb nicht mehr zugelassen ist. Ebenso ist denkbar, den Gehalt wenigstens einer Gaskomponente im Abgas, insbesondere von NO_x mit einfließen zu lassen.

Sind alle Randbedingungen erfüllt, so kann in einem Schritt $S5$ ein Wechsel in den Magerbetrieb erfolgen. Eine Aufrechterhaltung des Magerbetriebs kann dabei von der NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators **12** abhängig gemacht werden. Dazu kann in einem Schritt $S6$, beispielsweise mittels des Sensors **20**, die NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators **12** erfaßt werden und mit einem vorgebbaren Schwellenwert für die NO_x -Emission verglichen werden. In dem Ausführungsbeispiel gemäß der **Fig. 3** wird in dem Schritt $S6$ jedoch die kumulierte NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicher-katalysators **12** erfaßt. Dabei wird mit dem Wechsel in den Magerbetrieb im Schritt $S5$ ein Zeitzähler gestartet. Erreicht die kumulierte NO_x -Emission einen vorgebbaren Schwellenwert für die kumulierte NO_x -Emission, so wird die Zeiterfassung gestoppt und die Dauer der Zeitspanne gemessen. In einem Schritt $S7$ wird die Dauer dieser Zeitspanne mit der Dauer

der Sollzeitspanne für das Erreichen der vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission verglichen. Solange die gemessene Zeitspanne nicht die Sollzeitspanne unterschreitet, wird der Magerbetrieb aufrechterhalten (Schritt 8).

Die Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführungsform der Regelung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine **16** gemäß Fig. 3. Unmittelbar an den Schritt 5 schließt sich hier ein Entscheidungsvorgang anhand eines vorgebbaren Schwellenwertes für eine NO_x -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine **16** (Schritt S5A) an. Wird der Schwellenwert überschritten, so kann in einem Schritt S5b überprüft werden, ob eine NO_x -Minderungsmaßnahme ergriffen werden kann und beispielsweise die Verbrennungskraftmaschine **16** in einen low- NO_x -Magerbetrieb geschaltet werden kann, indem die NO_x -Rohemission besonders niedrig ist. Sofern dies möglich ist (Schritt S5c), folgt wieder der bereits erläuterte Schritt S6.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Verbrennungskraftmaschine Mittel zugeordnet sind, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine die Regelung des Arbeitsmodus erlauben und wobei die Regelung des Arbeitsmodus in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur wenigstens eines, in einem Abgaskanal der Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_x -Speicherkatalysators erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - (a) beim Überschreiten der Katalysatortemperatur über eine vorgebbare erste Grenztemperatur (G1) ein Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ eingestellt wird;
 - (b) eine zweite Grenztemperatur (G2) vorgegeben wird, die oberhalb der ersten Grenztemperatur (G1) liegt, und
 - (c) nach einem erstmaligen Überschreiten der Katalysatortemperatur über die zweite Grenztemperatur (G2) und einem anschließenden Absinken der Katalysatortemperatur unter die zweite Grenztemperatur (G2) ein Arbeitsmodus mit $\lambda > 1$ (Magerbetrieb) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des Magerbetriebs in Abhängigkeit von wenigstens einem der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (**16**) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsparameter zumindest eine Motordrehzahl, eine angeforderte Last, eine Raumgeschwindigkeit eines Abgases, einen Gehalt wenigstens einer Gaskomponente am Abgas oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit umfassen.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Magerbetrieb bis zum Überschreiten eines vorgebbaren Schwellenwertes für eine NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicherkatalysators (**12**) aufrechterhalten wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Magerbetrieb bis zum Überschreiten eines vorgebbaren Schwellenwertes für eine kumulierte NO_x -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine (**16**) aufrechterhalten wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Überschreiten des vorgebbaren Schwellenwertes für die kumulierte NO_x -Rohemission eine NO_x -Minderungsmaßnahme, insbesondere ein low-

NO_x -Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (**16**) eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Magerbetrieb so lange aufrechterhalten wird, bis eine Dauer einer Zeitspanne für ein Erreichen einer vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicherkatalysators (**12**) eine Dauer einer Sollzeitspanne für das Erreichen der vorgebbaren kumulierten NO_x -Emission stromab des NO_x -Speicherkatalysators (**12**) unterschreitet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

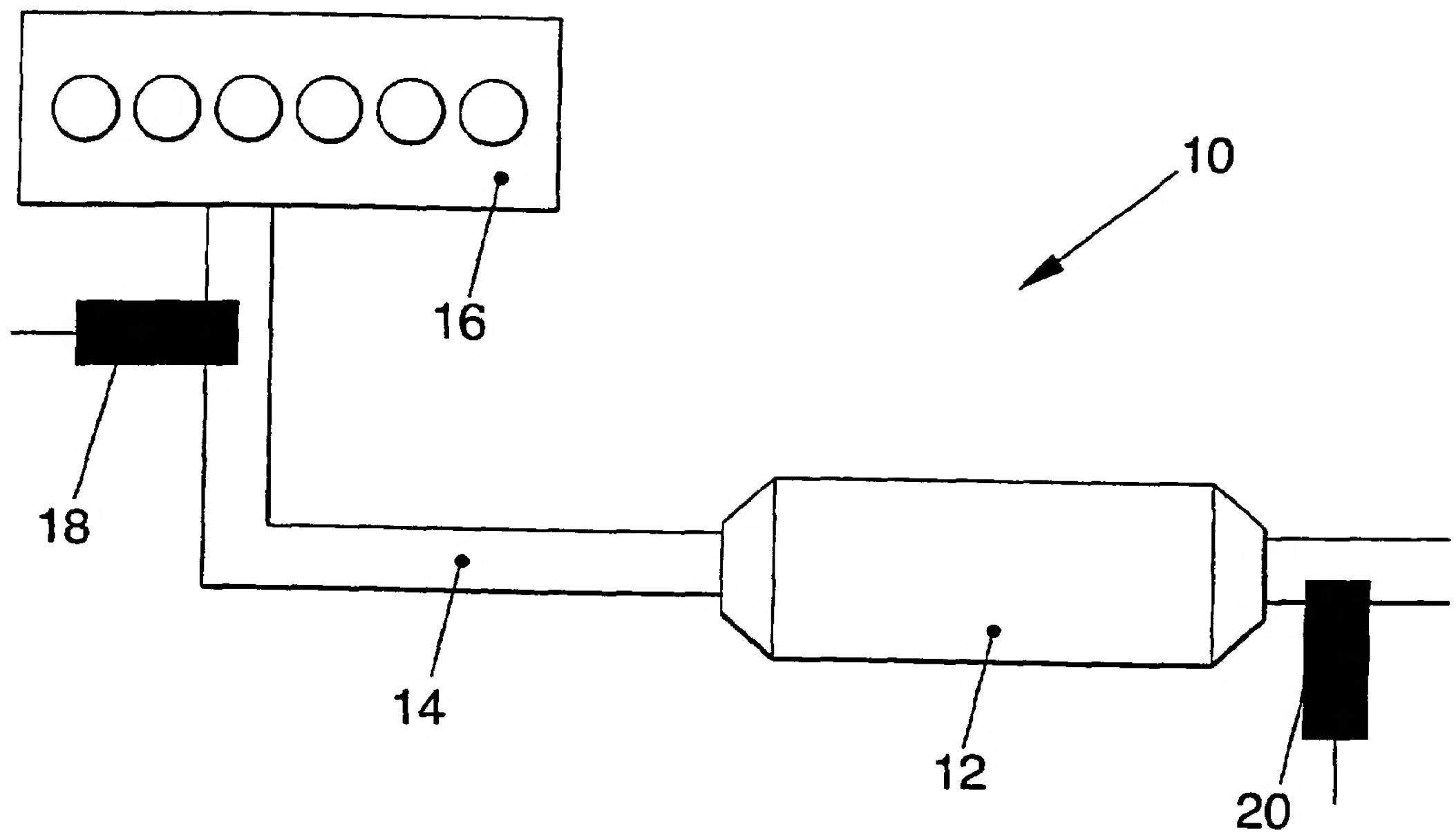


FIG. 1

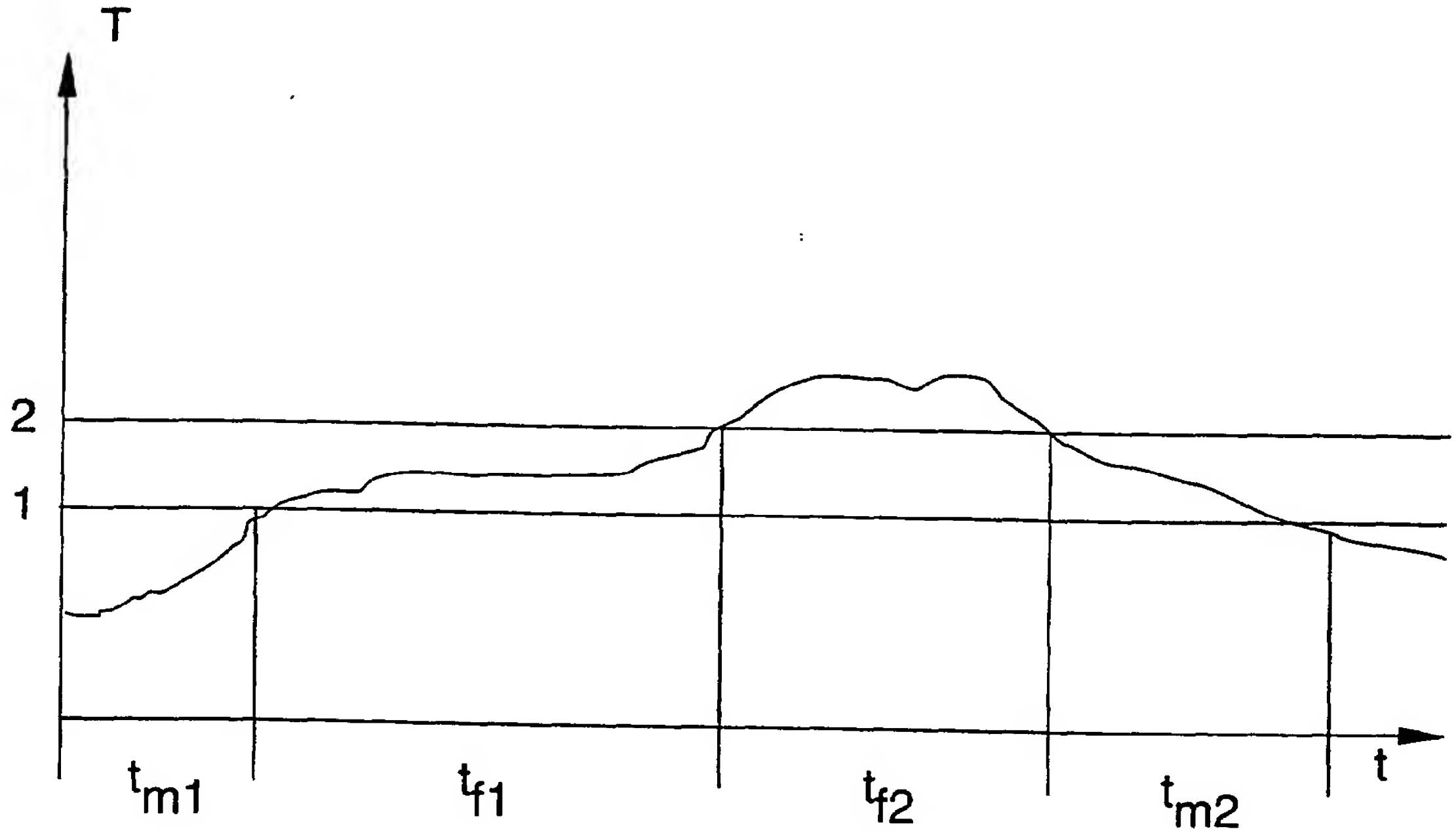


FIG. 2

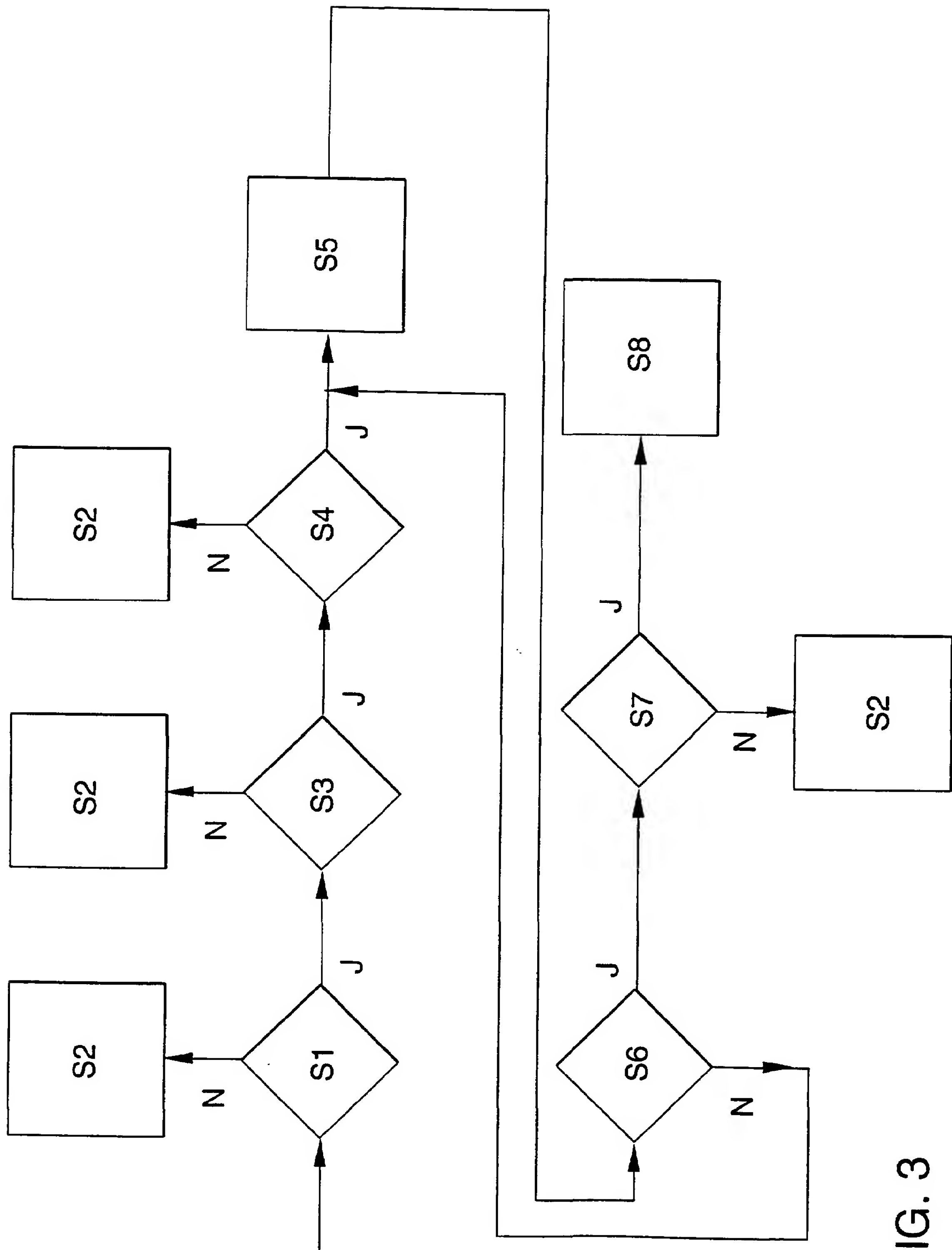


FIG. 3

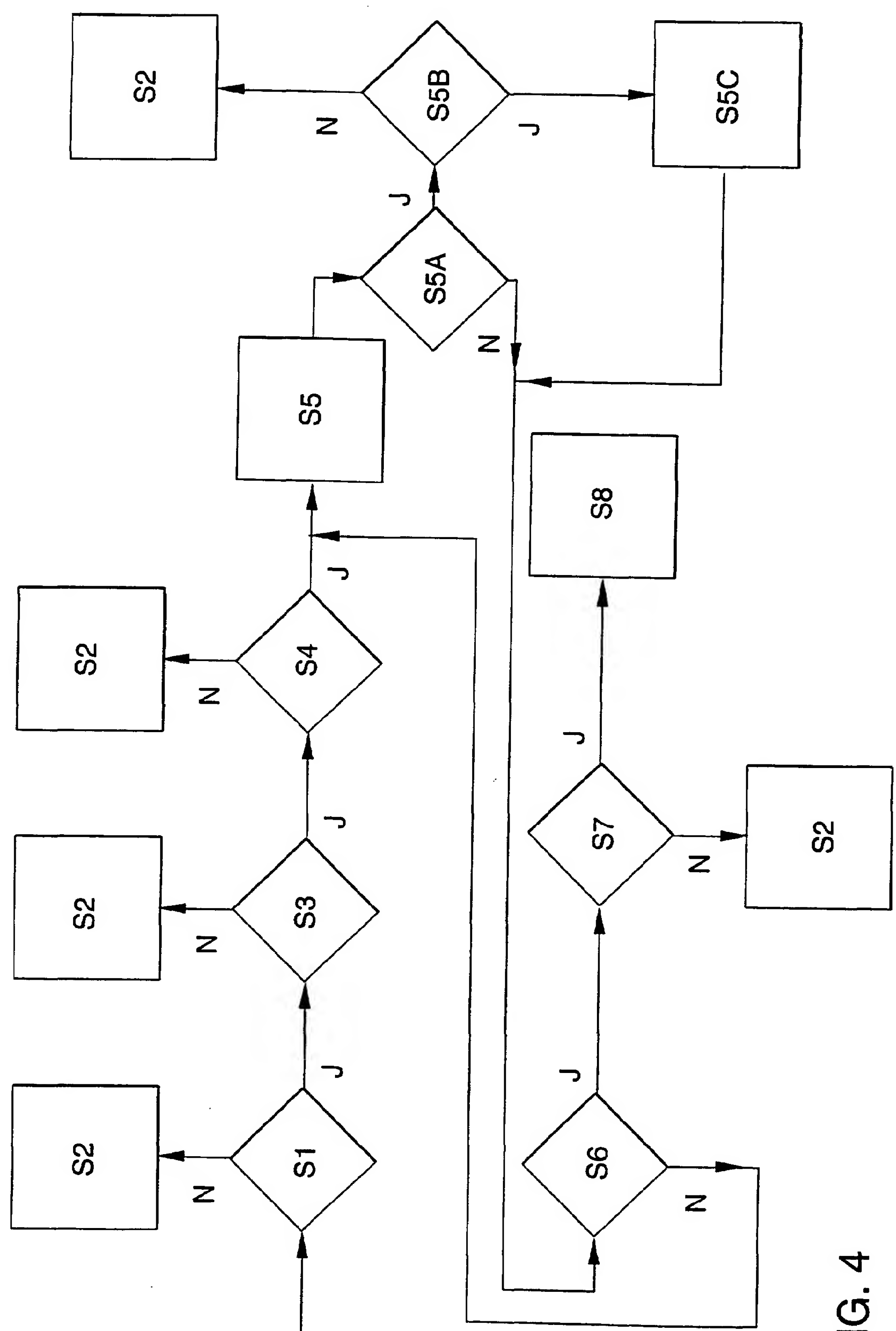


FIG. 4